

JURNAL TEKNIK SIPIL

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB	: Rektor Universitas Bandar Lampung
KETUA DEWAN PENYUNTING	: IR. LILIES WIDOJOKO, MT
DEWAN PENYUNTING	: DR. IR. ANTONIUS, MT (Univ. Sultan Agung Semarang) : DR. IR. NUROJI, MT (Univ. Diponegoro) : DR. IR. FIRDAUS, MT (Univ. Sriwijaya) : DR. IR. Hery Riyanto, MT (Univ. Bandar Lampung) : APRIZAL, ST., MT (Univ. Bandar Lampung)
DESAIN VISUAL DAN EDITOR	: FRITZ AKHMAD NUZIR, ST., MA(LA)
SEKRETARIAT DAN SIRKULASI	: IB. ILHAM MALIK, ST, SUROTO ADI
Email	: jtsipil@ubl.ac.id
ALAMAT REDAKSI	: Jl. Hi. Z.A. PAGAR ALAM NO. 26 BANDAR LAMPUNG - 35142 Telp. 0721-701979 Fax. 0721 – 701467

Penerbit
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bandar Lampung

Jurnal Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung (UBL) diterbitkan 2 (dua) kali dalam setahun yaitu pada bulan Oktober dan bulan April



Jurnal Teknik Sipil UBL

Volume 6, Nomor 1, April 2015

ISSN 2087-2860

DAFTAR ISI

Susunan Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
1. Pengaruh Penggunaan Semen Pozzolan Tipe-A Terhadap Kuat Tekan Beton	
Hery Riyanto	684-695
2. Perencanaan Embung Tejomartani Desa Branti Raya Natar, Lampung Selatan	
Aprizal.....	696-714
3. Pengaruh Gradasi Dan Derajat Kejenuhan Terhadap Nilai CBR Untuk Material Granular	
Lilies Widodojoko	715-723
4. Penerapan Biaya Dan Waktu Dengan Konsep Nilai Hasil (Earned Value) Pada Proyek Jalan Terbanggi Besar-Bujung Tenuk Kabupaten Tulang Bawang	
Dirwansyah Sesunan.....	724-740
5. Pengendalian Banjir Sungai Way Raman Dikecamatan Metro (Lampung Tengah)	
Nur Hadiyanto.....	741-779

PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI WAY RAMAN DI KECAMATAN METRO (LAMPUNG TENGAH)

Nur Hadiyanto
Dosen Universitas Bandar Lampung
E-mail : nurhadiyanto@ubl.ac.id

Abstrak

Masalah yang dihadapi dalam suatu proyek selain bidang teknis adalah faktor lingkungan dan cuaca sehingga pelaksanaan suatu proyek dapat mengalami kemunduran. Pada konsep nilai hasil ini suatu proyek dapat memperkirakan berapa keterlambatannya pada akhir proyek, bila kondisi masih seperti pada saat laporan maka dapatkah proyek menyelesaikan dengan dana sisa yang ada. Sehingga didalam membuat konsep nilai hasil (*earned value concept*) suatu proyek akan memikirkan pengendalian biaya dan waktunya. Proyek adalah suatu rangkaian pekerjaan yang dilakukan pada saat tertentu dengan tujuan yang khusus. Kegiatan proyek pada umumnya berlangsung dalam jangka waktu yang pendek, sedangkan kegiatan rutin terus menerus dikerjakan dan berlangsung lama. Dengan demikian yang membedakan proyek dengan pekerjaan lain adalah sifatnya yang khusus dan tidak bersifat rutin pengadaannya, sehingga dalam sistem pelaksanaannya memerlukan perhatian cukup besar.

Menggunakan "Konsep Nilai Hasil" dalam setiap Proyek terutama sekali untuk pengendalian biaya dan waktu. Mempertahankan konsistensi pelaksanaan pekerjaan sampai akhir Proyek sesuai dengan estimasi yang telah diperoleh. Dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan pada bulan Desember sampai dengan Maret pelaksanaan Proyek baik biaya dan waktu mengalami keuntungan. Maka penggunaan Konsep Nilai Hasil (*Earned Value*) dalam menganalisa kemajuan proyek sangat membantu, terutama untuk memperkirakan pada akhir Proyek rugi atau tidaknya.

1.1.Latar Belakang

Sungai Way Raman terletak di Kecamatan Metro. Sungai Way Raman mengalir melewati jarak ± 5 km sebelah Timur Kota Metro tepatnya di desa Raman (Metro). Sungai Way Raman memiliki lebar rata-rata 2 - 6 m dengan kondisi sungai yang berbelok-belok (*Meander*), mulai dari Kota Metro masuk ke Way Raman dan Way Bunut. Dua sungai tersebut terpisah satu sama lain.

Di daerah hulu sungai Way Raman merupakan daerah semi perbukitan dengan ketinggian ± 500 m sampai ± 1050 m diatas permukaan laut. Daerah hilir sungai Way Raman merupakan dataran rendah yang memanjang dari arah barat ke timur laut melewati daerah persawahan dan pemukiman.

Dari pengamatan di lapangan sungai Way Raman merupakan sungai yang relatif kecil. Sungai Way Raman memiliki dasar yang tidak begitu curam sampai kedaerah muara dan memiliki kecenderungan terbentuknya *meander* yang lebih banyak.

Pada musim penghujan didaerah tersebut sering terjadi banjir. Banjir tersebut menggenangi sebagian daerah pemukiman, persawahan, jalan dan prasarana lainnya. Keadaan itu terjadi disebabkan karena ketidakmampuan alur sungai mengalirkan debit banjir. Menurunnya kemampuan alur sungai tersebut terutama disebabkan oleh endapan lumpur dan kotoran-kotoran yang masuk ke dalam alur sungai. Kemungkinan lain menurunnya kemampuan alur sungai disebabkan oleh tumbuh-tumbuhan atau semak-semak yang tumbuh pada tebing dan alur sungai. Hal tersebut yang mengakibatkan alur sungai menjadi dangkal.

Di hilir sungai Way Raman ini terdapat Bendung Raman. Bendung R aman merupakan batas perencanaan pengendalian banjir (3,5 km). Karena adanya bendung tersebut maka terjadi pembendungan pada alur sungai. Hal tersebut yang mengakibatkan terjadinya kenaikan muka air pada masa banjir, sehingga areal disekitar bantaran sungai terutama areal persawahan dan pemukiman tergenang ini tentu mengganggu aktifitas penduduk dan prasarana transportasi seria menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Usaha penanggulangan yang selama ini dilakukan masih bersifat darurat. Masih tampak beberapa kekurangan terutama dari segi kehandalan dalam penanggulangan banjir. Melihat dari segi kerugian yang timbul, sangat besar diperlukan penanggulangan yang lebih baik yaitu dengan melakukan peninjauan yang lebih luas dalam menyusun pola pengendalian banjir.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud pengendalian banjir pada sungai Way Raman adalah perlu adanya bangunan pengendalian banjir yaitu dengan cara pembuatan tanggul dan normalisasi alur sungai. Dengan adanya tanggul dan normalisasi alur sungai tersebut, diharapkan luapan banjir yang menggenangi daerah pemukiman, lahan persawahan, jalan dan prasarana lainnya tidak akan terjadi seperti sebelumnya. Sehingga tercipta kondisi lingkungan yang baik dan layak untuk dihuni.

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penulisan pengendalian banjir di sungai Way Raman Kecamatan Metro kampung Tengah dibatasi dengan masalah yang meliputi :

- a. Analisa Hidrologi
- b. Analisa Hidrolika
- c. Perencanaan teknis pengendalian banjir
 - Tinjauan umum pengendalian banjir
 - Pola pengendalian banjir
 - Perhitungan stabilitas tanggul terhadap rembesan dan longsoran

BAB II

PENGERTIAN DAN METODE PERENCANAAN

2.1. Pengertian

Sungai adalah air yang berada di permukaan daratan, baik air itu berasal dari air hujan, mata air, maupun salju (*Gletser*), akan mengalir melalui sebuah saluran menuju tempat yang lebih rendah. Mula-mula saluran yang dilalui ini berukuran relatif sempit dan pendek. Namun, secara alamiah aliran ini mengikis daerah-daerah yang dilaluinya. Akibatnya, saluran ini semakin lama semakin lebar dan panjang, dan terjadilah apa yang disebut sungai.

Aliran air sungai ada yang sampai ke laut, ke danau, atau ke sungai yang lebih besar (sungai induk). Ada pula aliran air sungai yang tidak mencapai salah satu dari ke tiga daerah itu melainkan sampai ke daerah lain, misalnya aliran sungai yang menuju daerah kering. Di daerah ini air sungai tersebut akan meresap ke tanah dan tiba-tiba menjadi sungai mati.

Beberapa istilah yang berkaitan dengan sungai, antara lain :

- a. Alur Sungai : bagian muka bumi yang selalu berisi air yang mengalir
- b. Hilir Sungai : bagian alur sungai yang berdekatan dengan alur sungai
- c. Hulu Sungai : Bagian alur sungai yang terdekat dengan titik tertinggi alur sungai
- d. Daerah Aliran Sungai (DAS) : bagian permukaan bumi yang mengalir kedalam sungai yang bersangkutan apabila jatuh hujan.

Asal aliran sungai adalah dari air hujan. Oleh karena itu, berdasarkan airnya, sungai dapat dibedakan atas sungai-sungai hujan, gletser, dan campuran.

1. Sungai Hujan adalah sungai yang airnya berasal dari air hujan. Pada sungai ini debit air besar pada waktu musim penghujan dan kecil atau bahkan kering sama sekali pada waktu musim kemarau. Jadi, aliran sungai ini bersifat periodik atau musiman, artinya kadang-kadang debit airnya besar dan kadang-kadang debit airnya kecil.
2. Sungai Gletser adalah sungai yang airnya berasal dari cairan gletser.

Pengertian banjir di Sungai Way Raman dikarenakan oleh besarnya intensitas hujan yang terjadi di daerah tersebut. Disamping itu disebabkan pula oleh ketidak mampuan daya tampung sungai untuk melewati debit banjir sehingga aliran sungai menggenangi kesekitar bantaran sungai.

Lemahnya arus sungai di sekitar kota Metro ini disebabkan adanya tikungan-tikungan atau belokan-belokan (*Meander*) tajam yang menimbulkan pembendungan aliran, sehingga aliran sungai menjadi tidak lancar, bahkan sulit untuk mengalir ke hilir, Prasarana-prasarana bangunan belum memadai, disamping itu saluran drainase yang ada tak dapat berfungsi dengan baik.

Menurunnya kemampuan daya tampungan alur sungai Way Raman terutama disebabkan oleh endapan lumpur dan kotoran-kotoran yang masuk alur sungai, maupun oleh tumbuh-tumbuhan atau semak-semak yang tumbuh pada tebing dan alur sungai. Dengan keadaan seperti ini sungai kemudian akan menjadi dangkal.

Banjir di daerah sungai Way Raman umumnya menggenangi daerah-daerah pemukiman, lahan persawahan, jalan serta merusak jaringan irigasi teknis. Berdasarkan data-data banjir yang pernah terjadi bahwa genangan terjadi di sungai Way Raman selama 30 - 50 jam dengan ketinggian genangan 0,5 - 1,00 meter, luas genangan yang terjadi akibat banjir seluas 263 Ha.

Kerugian akibat banjir atau genangan yang terjadi hampir setiap tahun, baik yang dirasakan secara langsung maupun tidak langsung antara lain sebagai berikut :

- Terganggunya kelancaran transportasi.
- Terganggunya kegiatan masyarakat sehari-hari.
- Timbulnya kerusakan-kerusakan pada jalan, bangunan-bangunan umum dan rumah-rumah penduduk serta tanaman.

Hilangnya harta benda masyarakat yang terbawa banjir, serta lain sebagainya. Usaha penanggulangan yang telah dilakukan oleh pemerintah maupun masyarakat setempat di Way Raman telah dilakukan, namun belum dapat menyelesaikan masalah karena penanggulangannya masih bersifat sementara (darurat), yaitu usaha-usaha yang bersifat non fisik misalnya :

- a. Melarang membuat bangunan-bangunan liar di tepi sungai yang dapat mengganggu aliran sungai.
- b. Larangan melakukan kegiatan yang kemungkinan dapat merusak bangunan-bangunan air maupun alur sungai serta membuang sampah ke alur sungai.

Usaha pengendalian banjir yang perlu dilakukan untuk menanggulangi banjir dan genangan di sungai Way Raman adalah :

- Meningkatkan kapasitas alur sungai Way Raman dengan pembuatan tanggul dan normalisasi alur sungai.

- Memberi bangunan pengaman tebing untuk mengamankan tebing-tebing yang terancam erosi/kritis.

Dalam perencanaan desain pengendalian banjir tersebut sangatlah untuk memperhitungkan dan menentukan Debit Banjir Rencana atau “*Design Flood*”, karena hal ini akan menyangkut biaya pembangunannya dan yang lebih penting lagi keamanan dan kehandalan yang akan dibangun. Metode dan sistem penetapan dalam perhitungan debit banjir rencana telah berkembang dengan pesatnya termasuk di negara kita agar tidak ada keraguan dalam perencanaan desain bangunan air.

2.2. Metode Perencanaan

Jika pada suatu saat disebuah sungai akan dibangun atau direncanakan suatu bangunan pengendali banjir diharapkan bangunan tersebut akan mampu mempertahankan eksistensinya sesuai dengan umur efektif yang akan direncanakan, dan mampu mengalirkan debit banjir. sampai dengan ketinggian dan debit tertentu.

Tetapi sebelum hal tersebut direncanakan sangat perlu diadakan pengukuran, pengamatan dan penelitian kondisi lapangan terhadap beberapa aspek hidrologi, kondisi lapangan (sungai) serta konstruksi pengendali banjir.

2.2.1. Aspek Hidrologi

2.2.1.1. Umum

Dalam hal ini akan ditinjau beberapa faktor cuaca dan analisa hidrologi di daerah Way Raman. Berturut-turut akan ditinjau hujan, suhu, penguapan, kecepatan angin, kelembaban, tekanan udara dan penyinaran matahari. Data-data ini bersumber dari *Hydrological Net Work of Lampung, 1975*.

a. Hujan

Hujan tahunan di Way Raman adalah berkisar antara 2000 - 3000 mm/t. Hujan sebesar ini terdistribusikan menjadi hujan bulanan dengan presentase sebagai berikut :

Tabel 2.1. Presentase hujan bulanan (%)

Bulan	%	Bulan	%
Januari	14	Juli	4
Februari	14	Agustus	4
Maret	12	September	4
April	10	Oktober	5

Mei	7	November	7
Juni	5	Desember	14

Sumber : *Hydrological Network of Lampung, 1975*

b. Suhu

Suhu rata-rata didaerah sungai Way Raman berkisar antara 28.85 - 32.10 C. Adapun variasi suhu bulanan rata-rata adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Variasi Suhu

Bulan	Suhu °C	Bulan	Suhu °C
Januari	31,20	Juli	32,10
Februari	31,80	Agustus	30,20
Maret	29,00	September	29,40
April	29,60	Oktober	29,70
Mei	28,90	November	30,00
Juni	28,85	Desember	31,10

Sumber : *Hydrological Network of Lampung , 1975,*

c. Penguapan

Dari data yang diperoleh rata-rata penguapan di daerah studi adalah sebesar 4,70 mm/hari atau 1735 mm/hari.

d. Kecepatan Angin

Kecepatan angin rata-rata adalah 57 km/hari, dan tak diperoleh catatan anemometer.

e. Kelembaban

Kelembaban udara harian berkisar antara 40% - 96%.

f. Tekanan Udara

Tekanan udara berkisar antara 28,10 - 32,70 milibar.

g. Penyinaran matahari

Lamanya penyinaran matahari adalah berkisar antara 28% - 54 %

2.2.1.2. Analisa Aliran Sungai.

Dalam pekerjaan perencanaan pengendalian banjir di daerah Way Raman diperlukan data-data hidrologi (hujan) dalam selang waktu yang cukup lama untuk menentukan debit banjir rencana dengan kala ulang tertentu.

Terdapat banyak metode untuk menentukan debit banjir rencana yang sangat tergantung dari ketersediaan data. Pada perencanaan pengendalian banjir dan erosi di daerah Way Raman digunakan metode statistik rasional yaitu untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang terjadi dalam periode ulang tertentu.

Berdasarkan data yang didapat dari lapangan, luas tampungan hujan Way Raman yaitu 13,06 km lebih kecil dari 100 km. Mengingat luas cathment area yang cukup kecil maka analisis debit banjir dalam perencanaan ini digunakan metode Rasional. Cara ini cukup lama serta sudah sering digunakan untuk perencanaan di Indonesia.

2.2.1.3. Analisis Curah Hujan

Musim hujan di Way Raman umumnya terjadi pada bulan November sampai bulan April dengan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 2000 - 3000 mm. Penyebaran hujan umumnya cukup merata dengan kondisi daerah dataran yang melewati kotaMetro. Di daerah sungi Way Raman terdapat hanya stasiun pencatat hujan yaitu Dam Raman.

Dari hasil pengamatan dilapangan di dapat data curah hujan pada stasiun hujan Dam Raman (R 107) sebagai berikut:

Tabel 2.3. Curah Hujan Harian Maksimum

DATA HUJAN STASIUN k 107			
Tahun	Mm/hari	Tahun	Mm/hari
1985	135	1993	101
1986	150	1994	715
1987	102	1995	94
1988	102	1996	91
1989	71	1997	180
1990	79	1998	100
1991	85	1999	103
1992	113		

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Lampung Tengah

Dalam menentukan besarnya frekuensi curah hujan maksimum dapat digunakan beberapa cara yaitu :

- Cara Gumbel
- Cara Haspers
- Cara Log Person III

Ketiga metode di atas sebagai perbandingan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana, dan yang dipakai dalam perencanaan diambil frekuensi curah hujan yang memiliki standar deviasi terkecil.

2.2.1.4. Penentuan Elevasi Awal Perhitungan

Dalam menentukan elevasi muka air disepanjang sungai di perlukan elevasi awal. Hal ini mengingat adanya pembendungan akibat adanya tikungan-tikungan, bangunan bendung, kotoran-kotoran pepohonan dan sebagainya.

Dalam menentukan elevasi muka air banjir disetiap titik dilakukan dengan pendekatan standar step pada setiap titik peralihan kemiringan. Titik awal elevasi muka air paling awal ditentukan atas dasar sebagai berikut:

- Dihilir Sungai Way Raman terdapat bendung berjarak 3,5 km dan batas perencanaan dengan elevasi mercu bendung + 67,30
- Elevasi muka air banjir yang pernah terjadi pada bendungan + 67,86

2.2.2. Kondisi Lapangan

2.2.2.1. Umum

Keadaan Sungai Way Raman hulu pada umumnya cukup kecil dengan lebar rata-rata 1 - 2,5 meter, pada bagian daerah tengah lebar dasar yang ada rata-rata 2 - 4 meter sedangkan daerah bawah 3-6 meter. Pada sebagian alur sungai sebagian besar melewati areal persawahan dengan lebar sungai sempit dan kedalaman 1 - 1,5 meter, tanpa bantaran atau dataran banjir alur sungai berkelok-kelok dengan acuan semakin ke hilir semakin banyak belokan (Meander). Pada Sungai Raman terdapat bendungan Raman dengan kondisi masih baik dapat digunakan air irigasi melewati pintu kanan.

Ditinjau dari segi topografis, pada hulu anak-anak sungai berasal dari daerah pegunungan mengalir sebagian ke Way Bunut melewati dataran ke kota Metro. Sehingga usaha-usaha pengamanan banjir perlu diperhatikan dan dipikirkan, mengingat pengamanan sungai pada daerah pemukiman padat dan area persawahan serta prasarana lainnya.

Penyebab banjir pada umumnya terjadi di daerah dimana profil sungai tidak mampu menampung debit banjir. Berdasarkan data yang didapat pada Departemen Pekerjaan Umum diperoleh bahwa luas daerah aliran sungai Way Raman yaitu 13.06 km², sedangkan luas genangan 2,63 km² dengan kedalaman genangan 0,5 - 1,00 meter maka dapat diketahui berapakah meter kubik genangan yang terjadi.

2.2.2.2. Keadaan Alur

Kondisi alur Sungai Way Raman banyak terdapat meander. khususnya pada daerah hilir dan banyak material dasar dan lempung. Bentuk alur sungai berbentuk dengan lebar dasar rata-rata 2-5 meter. Sepanjang alur sungai tersebut merupakan daerah pemukiman pada bagian *Up Stream*. Disekitar kanan kiri sungai terdapat areal persawahan dan tegalan juga terdapat lokasi lain.

Sebagian besar dasar alur sungai cukup dangkal sehingga pada waktu debit sungai besar aliran akan meluap. Kemiringan dasar sungai didasarkan pada hasil pengukuran yang telah dilakukan dilapangan. Kondisi asli dasar kemiringan sungai sangat bervariasi dan untuk perencanaan kemiringan tersebut berkisar antara 0,0029 sampai dengan 0,0023.

2.2.2.3. Koefisien Hambatan/Hantaran.

Dalam analisa kekasaran dinding dan dasar alur sungai lebih ditentukan pada koefisien kekasaran Manning (n) yang disesuaikan dengan kondisi alur sungai Way Raman. Dalam memperhitungkan kekasaran alur sungai dipertimbangkan adanya kondisi vegetasi atau tumbuh-tumbuhan serta material batuan yang terbawa aliran. Hal ini untuk memperkirakan kekasaran manning dilapangan dengan standar yang ada diliteratur serta pengalaman dalam penelitian pada kondisi daerah yang serupa dengan kondisi lapangan studi.

Berdasarkan pendekatan tersebut dialas kondisi alur sungai Way Raman dapat ditentukan besarnya koefisien manning pada keadaan sungai asli antara 0,035 - 0,052.

Pada saluran ini merupakan saluran majemuk yang terdiri dari beberapa bagian, setiap bagian berbeda kekasarannya yaitu satu buah saluran dan dua buah saluran sisi. Dalam menerapkan rumus manning untuk saluran-saluran berpenampang majemuk perlu menetapkan nilai n composit untuk keseluruhan keliling basah dan memasukkan nilai composit ini untuk menghitung aliran bagi seluruh penampang,

Persamaan'Koefisien Kekasaran Composit :

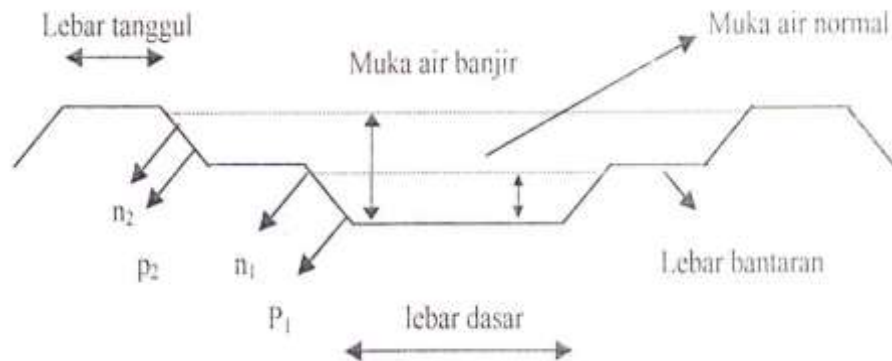
$$n = \left[\frac{\sum (n^{3/2} \cdot p)}{p} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$n = \left[\frac{n_1^{3/2} \cdot P_1 + n_2^{3/2} \cdot P_2 + \dots n_n^{3/2} \cdot P_n}{P_1 + P_2 + \dots P_n} \right]^{2/3}$$

Dimana:

n = Koefisien Kekasaran

P = Keliling Basah (m)

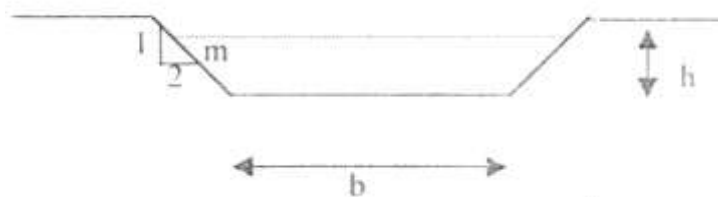


Gambar 2. 1. Sketsa Penampang Majemuk

2.2.2.4 Kapasitas Alur Sungai

Perhitungan kapasitas alur sungai didasarkan atas kapasitas mampu yaitu kapasitas maksimum yang mampu dialirkan oleh alur sungai sehingga tidak terjadi luapan disepanjang alur tersebut.

Analisa kapasitas alur sungai ini menggunakan pendekatan perumusan manning, yaitu :



Gambar 2.2. Sketsa kapasitas alur sungai

$$Q_m = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A \dots \dots \dots (2.2)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$A = (b + mh)h \dots \dots \dots (2.4)$$

$$P = (b + 2h\sqrt{1 + m^2}) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

Q_m = Debit/Kapasitas alur sungai (m³/dt)

n = Koefisien kekasaran manning

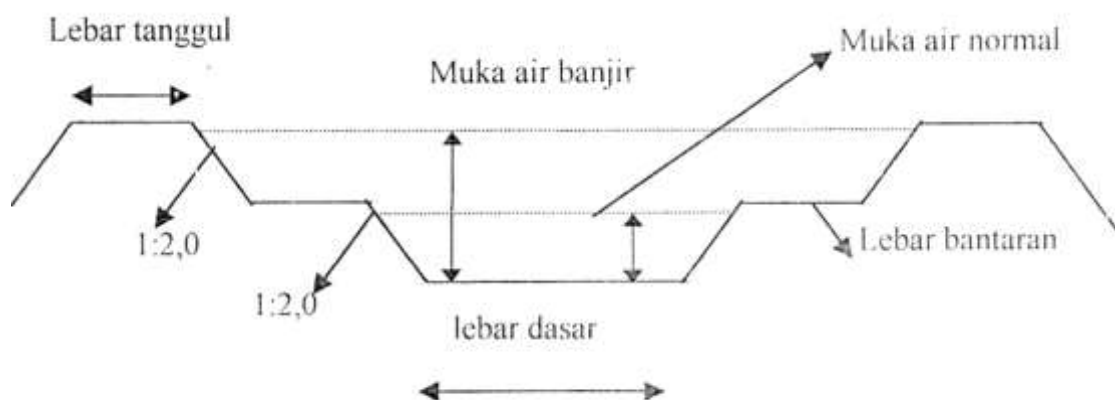
- S = Kemiringan garis energi
 R = Jari-jari hidrolis (m)
 A = Luas penampang basah (m)
 b = Lebar dasar saluran (m)
 h = Tinggi saluran (m)
 m = Kemiringan saluran
 P = Keliling penampang basah (m)

Dari hasil pengukuran penampang profil melintang dan memanjang alur Sungai Way Raman dapat ditentukan besarnya kemampuan kapasitas sungai tersebut tiap profil. Dimana untuk jarak sungai Way Raman sepanjang ± 5 km dibagi-bagi dengan jarak tertentu minimum 25 meter per profil.

2.2.2.5. Penampang Rencana

Perencanaan dimensi penampang rencana dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas alur sungai agar dapat melewati debit banjir dengan aman tanpa terjadi genangan dan luapan disepanjang alur sungai. Penentuan dimensi penampang rencana berkaitan pula dengan perencanaan kemiringan dasar sungai. Untuk itu dilakukan pendekatan dengan persamaan manning dan dipakai sebagai dasar perencanaan diambil debit banjir rencana periode ulang 10 tahun (Q_{10}).

Bentuk penampang adalah trapesium dengan menggunakan bantaran (*flood plan*), lebar sungai minimum 3,00 meter dengan nilai kekasaran manning $n = 0,0035$ untuk saluran utama dan 0,0025 untuk saluran sisi. Kemiringan talud sebesar 1 : 2.0 dan kemiringan dasar sungai 0,0029 - 0,0023.



Gambar 2.3. Penampang Rencana

2.2.2.6. Perhitungan Elevasi Muka Air Banjir

Perhitungan elevasi muka air banjir rencana dilakukan dengan menentukan ketinggian awal yaitu ketinggian muka air maksimum diatas mercu Bendung Raman. Pada hilir propil P 134 terdapat bendungan berjarak 3,5 km dari propil P 134 dengan elevasi mercu bendung + 67,30. Elevasi muka air banjir yang pernah terjadi pada bendungan + 67,86.

2.2.3. Konstruksi Pengendali Banjir

Konstruksi yang dipilih dalam pengendalian banjir di Sungai Way Raman adalah kombinasi antara normalisasi alur sungai dan pembuatan tanggul banjir dengan konstruksi tanah timbunan.

Pelaksanaan fisik ini dilaksanakan dengan mengkompensasikan hasil galian sungai kebentuk konstruksi tanggul, dan dengan mengambil tanah galian dari "*borrow area*" pada jarak tertentu bila kekurangan bahan timbunan. Dipilihnya konstruksi timbunan tanah ini mengingat mudahnya didapat tanah dari galian alur sungai dan dipandang dari segi fungsi pengendaliannya serta hasil survey lapangan secara teknis memenuhi syarat. Dan konstruksi tanggula yang menggunakan tanah sebagai timbunan nantinya akan dilakukan kontrol terhadap stabilitas terutama rembesan dan longsor.

BAB III

ANALISA DAN PERHITUNGAN

3.1. ANALISA HIDROLOGI

3.1.1. ANALISA DAN CURAH HUJAN

Dari hasil pengamatan di lanangan hanya didapat data curah hujan pada stasiun hujan R (107) Dam Way Raman seperti terlampir pada tabel 3.

Analisa curah hujan dapat dihitung dengan beberapa metode yaitu : Metode Gumbel, Metode Haspers dan Metode Log-Pearson tipe III.

a.) Analisa frekuensi curah hujan dengan Metode Gumbel. Dasar perhitungan yaitu :

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

x = Besar curah hujan harian maksimum tahunan rata-rata (mm).

$\sum n$ = Jumlah besar curah hujan harian maksimum tahunan,

n = Lamanya pengamatan data.

Besarnya curah hujan harian maksimum (RT), dengan periode ulang T tahun didasarkan pada :

$$RT = \bar{x} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S_x \dots\dots\dots(3.2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Di mana :

RT = Besarnya curah hujan harian maksimum tahunan dengan periode ulang T, tahunan (mm)

x = Besarnya curah hujan harian maksimum tahunan rata-rata.

Yt = Reduced Variated.

Yn = Reduced Mean.

Sn = Reduced Standar Deviasi.

Sx = Standar deviasi.

Tabel 3.1. Perhitungan Metode Gumbel.

No	X	$(\bar{x} - x)$	$(x - \bar{x})$
1	180	71,49	5175,36
2	150	41,94	1758,96
3	135	26,94	725,76
4	115	6,94	48,16
5	113	4,94	24,40
6	103	-5,06	25,60
7	102	-6,06	36,72
8	102	-6,06	36,72
9	101	-7,06	49,84
10	100	-8,06	64,06
11	94	-14,06	107,68
12	91	-17,06	291,04
13	85	-23,06	531,04
14	79	-29,06	844,48
15	71	-37,06	1373,44
	$\Sigma X = 1621$		$\Sigma = 184,88$

$$\bar{x} = \frac{1621}{15} = 108,067 \text{ mm}$$

$$\sum (x - \bar{x}) = 11184,88$$

$$S_x = \sqrt{\frac{11184,88}{15 - 1}} = 28,26$$

n = 15 dari tabel didapat :

Y_n = 0,5128

S_n = 1,0206

Tabel 3.2. Harga Y_t:

T	2	5	10	15	25	30	100
Y _t	0,3665	1,4999	2,2502	2,7243	3,1985	3,9019	4,6001

Tinggi curah hujan rencana (RT) :

$$RT = \bar{x} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S_x$$

$$R_2 = 108,067 + \frac{0,3665 - 0,5128}{1,0206} 28,26 = 104,00 \text{ mm}$$

$$R_5 = 108,067 + \frac{1,4999 - 0,5128}{1,0206} 28,26 = 135,40 \text{ mm}$$

$$R_{10} = 108,067 + \frac{2,2502 - 0,5128}{1,0206} 28,26 = 156,17 \text{ mm}$$

$$R_{15} = 108,067 + \frac{2,7243 - 0,5128}{1,0206} 28,26 = 169,30 \text{ mm}$$

$$R_{25} = 108,067 + \frac{3,1985 - 0,5128}{1,0206} 28,26 = 182,43 \text{ mm}$$

b.) Analisa frekuensi curah hujan dengan Metode Haspers.

Perhitungan ini didasarkan pada data curah hujan harian maksimum dengan perhitungan sebagai berikut:

$$RT = \bar{x} + SD \cdot UT \dots\dots\dots(3.4)$$

$$x = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$SD = 0,5 \left(\frac{MaxI - \bar{x}}{SVI} + \frac{MaxII - \bar{x}}{SVII} \right) \dots\dots\dots(3.6)$$

$$RT = \frac{n+1}{m} \dots\dots\dots(3.7)$$

Di mana :

RT = Besarnya curah hujan maksimum pada periode ulang T, tertentu Ttahun (mm).

$\sum x$ = Tinggi curah hujan harian maksimum (mm).

\bar{x} = Tinggi curah hujan harian maksimum rata-rata (mm).

n = Jumlah atau lama pengamatan data.

SD = Standar deviasi.

SV = Standar Variabel Return Periode.

m = Kemiringan saluran

Tr = Probabilitas.

PERHITUNGAN METODE HASPERS

Dari data didapat :

Curah hujan maksimum I = 180,000 mm

Curah hujan maksimum I = 150,000 mm
 Curah hujan rata-rata = 08,067 mm
 Lama pengamatan data = 15

Return periode I = $\frac{15+1}{1} = 16$
 Return periode I = $\frac{15+1}{2} = 8$

Tabel 3.3. Harga U dari tabel :

N	2	5	10	15	25	30	100
U	-0,22	0,64	1,26	1,63	2,10	2,75	3,43

Standar Variabel I (SVI) = 1,830 (Interpolasi)
 Standar Variabel 1 (SVII) = 1,105 (Interpolasi)

$$SD = 0,5 \left(\frac{MaxI - \bar{x}}{SVI} + \frac{MaxII - \bar{x}}{SVII} \right)$$

$$SD = 0,5 \left(\frac{180 - 108,067}{1,83} + \frac{150 - 108,067}{1,105} \right)$$

$$SD = 38,63$$

Tinggi hujan rencana (RT)

$$RT = \bar{x} + SD \cdot UT$$

$R_2 = 108,067 + 38,63 \cdot (-0,22) = 99,56 \text{ (mm)}$
 $R_5 = 108,067 + 38,63 \cdot (0,64) = 132,79 \text{ (mm)}$
 $R_{10} = 108,067 + 38,63 \cdot (1,26) = 156,74 \text{ (mm)}$
 $R_{15} = 108,067 + 38,63 \cdot (1,63) = 171,04 \text{ (mm)}$
 $R_{25} = 108,067 + 38,63 \cdot (2,10) = 189,19 \text{ (mm)}$
 $R_{30} = 108,067 + 38,63 \cdot (2,75) = 214,30 \text{ (mm)}$
 $R_{100} = 108,067 + 38,63 \cdot (3,43) = 240,57 \text{ (mm)}$

c.) Analisa frekuensi curah hujan dengan Metode Log Pearson Tipe III.

Perhitungan didasarkan pada curah hujan harian maksimum.

$$\log XT + \log \bar{x} + K \cdot \sigma \cdot \log \bar{x} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\log x = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$\sigma \log \bar{x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \log \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$g = \frac{n \sum (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma \log x)^3} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana :

XT = Besarnya curah hujan pada periode ulang tertentu, T tahun (mm)

x = Tinggi curah hujan harian maksimum rataa-rata (mm)

σ = Standar Deviasi

g = Koefisien Asimetris

K = Koefisien Pearson didapat dari hasil perhitungan

Tabel 3.4. Perhitungan Metode Log Pearson

No	x	Log x	(Log x - Log \bar{x})	(Log x- Log \bar{x}) ²	(Log x - Log \bar{x}) ³
1	180	2,2552	0,2339	0,05470	0,0127964
2	150	2,1760	0,1547	0,02393	0,0037023
3	135	2,1303	0,1090	0,01 188	0,0012950
4	115	2,0607	0.0394	0,00155	0,0000611
5	113	2,0530	0,0317	0,00489	0,0000318
6	103	2,0128	-0,0085	0,00007	-0,0000006
7	102	2,0086	-0,0127	0,00016	-0,0000020
8	102	2,0086	-0,0127	0,00016	-0,0000020
9	101	2,0043	-0,0170	0,00029	-0,0000049
10	100	2,0000	-0,02 1 3	0,00045	-0,0000097
11	94	1,9731	-0,0482	0,00232	-0,0001120
12	91	1,9590	-0,0623	0,00388	-0,0002418
13	85	1,9294	-0,0919	0,00844	-0,0007761
14	79	1,8976	-0,1237	0,01530	-0,0018930
15	71	1,8512	-0,1701	0,02893	-0,0049216
		$\Sigma 30,3198$		0,15695	0,0099229

$$\log \bar{x} = \frac{30,3198}{15} = 2,0213$$

$$\sigma \log \bar{x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \log \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$= \frac{0,15695}{45} = 0,1045$$

$$= \frac{0,1045}{2,0213} = 0,052$$

$$g = \frac{n \sum (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma \log x)^3}$$

$$g = \frac{15 \cdot 0,0099229}{14 \cdot 13 (0,1045)^3} = 0,71665$$

TABEL 3.5. HARGA K DARI TABEL :

T	2	5	10	15	25	30	100
K	-0,097	0,801	1,327	1,692	1,936	2,353	2,746

TINGGI HUJAN RENCANA (RT)

$$\text{Log XT} = \text{Log} \bar{x} + K \cdot \sigma \cdot \text{Log} \bar{x}$$

X ₂	= 2,0213 + (-0,097) . 0,1045	= 2,01116	XT= 102,603 mm
X ₅	= 2,0213 + 0,801 . 0,1045	= 2,10500	XT= 127,350 mm
X ₁₀	= 2,0213 + 1,327 . 0,1045	= 2,15997	XT= 144,533 mm
X ₁₅	= 2,0213 + 1,692 . 0,1045	= 2,19811	XT= 157,801 mm
X ₂₅	= 2,0213 + 1,936 . 0,1045	= 2,22361	XT= 167,344 mm
X ₃₀	= 2,0213 + 2,353 . 0,1045	= 2,26719	XT= 185,008 mm
X ₁₀₀	= 2,0213 + 2,746 . 0,1045	= 2,30826	XT= 203,357 mm

TABEL 3.6. REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN :

Periode Ulang	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)		
	Gumbel	Haspers	Log-Pearson Tipe III
2	104,00	99,56	102,60
5	135,39	132,78	127,35
10	156,16	156,73	144,53
15	169,29	171,03	157,80
25	182,42	189,18	167,34
30	201,90	214,29	185,01
100	221,23	240,56	203,36

Dari perhitungan di atas dapat diambil sebagai acuan dasar perhitungan debit banjir rencana yaitu dengan menggunakan analisa Metode Log-Pearson Tipe III. Hal ini dikarenakan curah hujan yang dihasilkan memiliki standar deviasi terkecil.

3.1.2. ANALISA DEBIT BANJIR

Analisa debit banjir dalam perencanaan ini digunakan Metode Rasional Statistik yaitu, untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang mungkin terjadi dalam periode iklim tertentu.

Perhitungan debit banjir dengan Metode Statistik Rasional.

Rumus :

$$QT = \frac{\sigma \cdot r \cdot F}{3,6} \text{ (m}^3\text{/dt)(3.12)}$$

$$r = \frac{R \cdot T}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \text{(3.13)}$$

$$t = \frac{L}{V} \text{(3.14)}$$

$$V = 72 \cdot \left(\frac{H}{L}\right)^{0,6} \text{(3.15)}$$

Dimana :

QT = Debit banjir rencana dengan Periode ulang T tahun (m/det)

σ = Koefisien Run off

RT = Curah Hujan Rencana (mm)

R = Intensitas hujan rencana (mm)

F = Luas daerah pengairan (Km²)

t = Time concentration (jam)

V = Kecepatan rambat banjir ke tempat titik pengamatan (km/jam)

H = Beda tinggi antara titik terjauh ke tempat pengairan (m)

L = Panjang sungai (m)

Data-data perhitungan debit banjir dengan Metode Statistik Rasional.

$$F = 13,06 \text{ Km}^2$$

$$L = 5 \text{ km}$$

$$H = \text{elev } 67,364 - \text{elev } 65,930 = 1434$$

Perhitungan :

$$V = 72 \cdot \left(\frac{1434}{5000}\right)^{0,6}$$

$$V = 20,65 \text{ Km/jam}$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot F^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot F^{0,7}}$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot (13,06)^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot (13,06)^{0,7}}$$

$$\alpha = 0,738$$

$$t = \frac{L}{V}$$

$$t = \frac{5}{20,65}$$

$$t = 0,24 \text{ jam}$$

Intensitas Hujan Rencana :

$$r_1 = \frac{RT}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$r_2 = \frac{102,60}{24} \left(\frac{24}{0,24} \right)^{2/3} = 92,102 \text{ mm/jam}$$

$$r_5 = \frac{127,35}{24} \left(\frac{24}{0,24} \right)^{2/3} = 114,320 \text{ mm/jam}$$

$$r_{10} = \frac{144,53}{24} \left(\frac{24}{0,24} \right)^{2/3} = 129,740 \text{ mm/jam}$$

$$r_{15} = \frac{157,80}{24} \left(\frac{24}{0,24} \right)^{2/3} = 141,650 \text{ mm/jam}$$

$$r_{25} = \frac{167,34}{24} \left(\frac{24}{0,24} \right)^{2/3} = 150,210 \text{ mm/jam}$$

$$r_{30} = \frac{185,01}{24} \left(\frac{24}{0,24} \right)^{2/3} = 166,070 \text{ mm/jam}$$

$$r_{100} = \frac{203,36}{24} \left(\frac{24}{0,24} \right)^{2/3} = 182,550 \text{ mm/jam}$$

Besarnya Debit Banjir Maksimum :

$$Q_1 = \frac{\alpha \cdot r \cdot F}{3,6} (m^3/dt)$$

$$Q_2 = \frac{0,738 \cdot 92,10 \cdot 13,06}{3,6} = 246,58 \text{ m}^3/dt$$

$$Q_5 = \frac{0,738 \cdot 114,32 \cdot 13,06}{3,6} = 306,07 \text{ m}^3/dt$$

$$Q_{10} = \frac{0,738 \cdot 141,65 \cdot 13,06}{3,6} = 347,35 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{15} = \frac{0,738 \cdot 141,65 \cdot 13,06}{3,6} = 379,24 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{25} = \frac{0,738 \cdot 150,21 \cdot 13,06}{3,6} = 402,15 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{30} = \frac{0,738 \cdot 166,07 \cdot 13,06}{3,6} = 444,62 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{100} = \frac{0,738 \cdot 182,55 \cdot 13,06}{3,6} = 488,74 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Besarnya debit banjir maksimum sangat menentukan dalam perhitungan biaya pembebasan tanah, konstruksi bangunan pengendali banjir, terhadap panjang tanggul, tinggi tanggul, jarak antar as tanggul, yang mampu mengalirkan debit banjir maksimum Q_{10} tahunan yang terjadi.

3.2. ANALISA HIDROLIKA

Didalam analisa hidrologi disamping memperhilungkan keadaan alur sungai, koefisien kekasaran/hambatan, menentukan elevasi muka banjir, juga akan dibahas tentang dimensi rencana saluran (panjang tanggul, jarakas tanggul, serta dimasukkan pula biaya pembebasan dan harga tanggul

3.2.1. KEADAAN ALUR

Keadaan alur sungai Way Raman berbentuk U dengan lebar dasar rata-rata 2 - 5 m . Kemiringan dasar sungai didasarkan pada hasil pengukuran dilapangan yang berkisar antara 0,0029 sampai 0,0023.

3.2.2. Koefisien Kekasaran/Hambatan

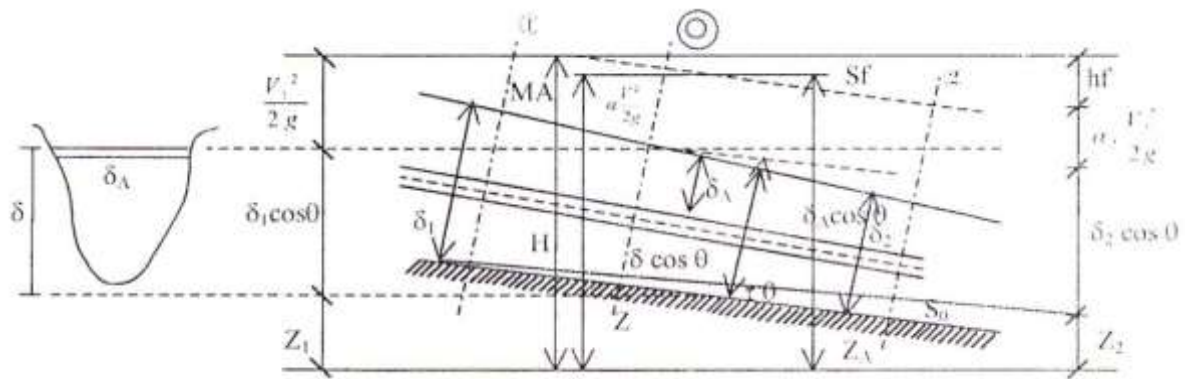
Koefisien kekasaran/Hambatan pada saluran berpenampang majemuk merupakan gabungan nilai n kekasaran pada saluran utama dan saluran sisi. Berdasarkan pendekatan terhadap kondisi alur sungai maka untuk perencanaan saluran dapat ditentukan nilai $n = 0,035$ untuk saluran utama dan $n = 0,052$ untuk saluran sisi. (Dengan mempertimbangkan adanya kondisi vegetasi tumbuh-tumbuhan, kemiringan tebing kurang teratur, material batuan yang terbawa aliran serta tanah lempungan abu-abu muda sampai tanah liat coklat muda).

3.2.3. Menentukan Elevasi Muka Air Banjir

Menentukan elevasi muka air banjir rencana dilakukan dengan mengikatkan ketinggian awal yaitu ketinggian muka air banjir maksimum yang pernah terjadi. Berdasarkan data dan informasi yang di dapat dari proyek pemeliharaan sungai di kota Metro, untuk menentukan muka air banjir dimulai dari profil 134 di belakang bendung sampai ke profil O di hulu sungai. Pola penanganan banjir yang dipilih adalah kombinasi antara normalisasi alur sungai dan tanggul. Untuk penentuan tinggi tanggul ditentukan berdasarkan perhitungan elevasi muka air banjir ditambah tinggi jagaan.

Debit banjir yang dipakai sebagai dasar perhitungan adalah debit banjir dengan periode ulang T 10 tahunan sebesar 347,35 m³/dt. Menentukan elevasi muka air banjir dilakukan dengan metode standar step dimulai dari propil 134 di belakang bendung ke propil O di hulu sungai.

Pada prinsipnya persamaan metode standar step adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Analisa Aliran Dengan Metode Standar Step

Tinjau Persamaan :

$$Ea = Eb$$

$$\alpha \cdot \frac{V_1^2}{2g} + ha + Za = \frac{V_2^2}{2g} + hf + hb + Zb \dots\dots\dots(3.16)$$

Untuk Zb = 0. maka Za = So .Δx

Z_a = Titik tinggi A
 δA = Datum titik A dibawah permukaan air.
 $\frac{va^2}{2g}$ = Tinggi kecepatan arus yang melalui A.

Untuk keperluan praktis :

Kecepatan tiap titik pada penampang saluran sama dan untuk mengoreksi semua pengaruh yang diakibatkan oleh pembagian kecepatan yang tidak seragam dipakai suatu koefisien energi α . Maka jumlah energi pada suatu penampang :

$$H = Z + \delta \cdot \cos\theta + \alpha \frac{va^2}{2g} \dots\dots\dots(3.24)$$

Karena $\theta = 0$, maka :

$$Z_1 + \delta_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \delta_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + hf \dots\dots\dots(3.25)$$

$$E = H = h + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(3.26)$$

Tinjau penampang saluran :

$$E = h + \frac{V^2}{2g} ; \text{dimana } V = \frac{Q}{A}$$

$$E = h + \frac{Q^2}{2gA^2} \dots\dots\dots(3.27)$$

$$\text{Aliran kritis akan terjadi apabila } \frac{\delta E}{\delta h} = 0 \dots\dots\dots(3.28)$$

$$\frac{\delta E}{\delta h} = 1 + \frac{Q^2}{g \cdot A^3} \frac{\delta A}{\delta h} ; \text{dimana : } \delta A = \delta h \cdot T \dots\dots\dots(3.29)$$

$$T = \frac{\delta A}{\delta h} \dots\dots\dots(3.30)$$

$$\frac{\delta E}{\delta h} = 1 + \frac{Q^2}{g \cdot A^3} T \dots\dots\dots(3.31)$$

Dari persamaan tersebut akan diperoleh rumus saluran trapesium :

$$\frac{(b + mhc)^3 \cdot hc^3}{(b + 2m \cdot hc)} = \frac{Q^3}{g} \dots\dots\dots(3.32)$$

$$hc = \left(\frac{Q^2 (b + 2m \cdot hc)}{g(b + m \cdot hc)^3} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(3.33)$$

$$\frac{(b+mhc)^3 \cdot hc^3}{(b+2m \cdot hc)} = \frac{Q^3}{g} \dots\dots\dots(3.32)$$

$$hc = \left(\frac{Q^2(b+2m \cdot hc)}{g(b+m \cdot hc)} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(3.33)$$

Analisa perhitungan kedalaman normal dengan persamaan manning :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(3.34)$$

Dimana :

$$R = A/P$$

$$A = (b + 2h\sqrt{m^2 + 1})$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} \cdot S^{1/2}$$

$$Q^3 = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^5}{P^2} \cdot S^{3/2}$$

$$Q^3 = \frac{1}{n^3} \cdot \frac{[(b + mh)h]^5 \cdot S^{2/3}}{[b + (2h\sqrt{m^2 + 1})]^2}$$

$$[(b + mh)h]^5 \cdot S^{3/2} = (Q^3 \cdot n^3) (b + 2h\sqrt{m^2 + 1})^2$$

$$[(b + mh)h]^5 = \frac{(Q \cdot n)^3 (b + mh\sqrt{m^2 + 1})^2}{S^{3/2}}$$

$$h^5 = \frac{(Q \cdot n)^3 (b + 2h\sqrt{m^2 + 1})^2}{(b + 2h) \cdot S^{3/2}}$$

$$h = \left(\frac{(Q \cdot n)^3 (b + 2h\sqrt{m^2 + 1})^2}{(b + 2h) \cdot S^{3/2}} \right)^{1/5} \dots\dots\dots(3.35)$$

Perhitungan :

Sungai Way Raman diidealkan dengan suatu saluran bentuk trapesium dengan kemiringan talud 1:2. Dengan pengembangan beragam dasar saluran dan profil O sampai profil 134 yaitu 2 - 6 m dengankemiringan dasar saluran rata-rata diambil

0,0023 Debit banjir periode ulang 10 tahunan $Q = 347,35 \text{ m}^3/\text{det}$. Sedangkan kedalaman hulu rata-rata 2,0 m.

a. Menentukan kedalaman normal (Y_n)

Data-data diketahui :

$$Q = 347,35 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$n = 0,0035$$

$$b = 2,0 \text{ m}$$

$$S = 0,0023$$

$$m = 1$$

$$h_n = \left(\frac{(Q \cdot n)^3 [b + \sqrt{m^2 + 1}]^2}{(b + 2h) \cdot S^{3/2}} \right)^{1/5} \dots\dots\dots(3.36)$$

Dengan memasukkan harga-harga di atas, kedalaman normal dapat diperoleh dengan cara coba-coba.

$$h_n = 1,518 \text{ m}$$

b. Menentukan kedalaman kritis

$$h_c = \left(\frac{Q^2 (b + 2mh)}{g (b + mh)^3} \right)^{1/5} \dots\dots\dots(3.37)$$

Dengan data yang sama seperti di atas, dengan cara coba-coba akan diperoleh : $h_c = 1,177 \text{ m}$

Dengan demikian sifat arus tersebut adalah sub kritis $2,00 > 1,518 > 1,177 \text{ m}$, akan terjadi kurva air balik

3.2.4. Perhitungan tinggi pembendungan

Diketahui data-data :

Debit Q yang diketahui = $347,35 \text{ m}^3/\text{det}$

I bendung (I_b) = $0,001465$

Tinggi mercu dari dasar sungai = $6,50 \text{ meter}$

Faktor hambatan Chezy :

Persamaan bazin

$$C = \frac{157,6}{1 + m/\sqrt{R}} \dots\dots\dots (3.38)$$

Dimana :

C = Faktor hambatan chezy (m^3/det)

R = Jari-jari hidrolis (m)

m = Nilai kekasaran bazin.

Perhitungan :

$$C = \frac{157,6}{1 + m/\sqrt{R}}$$

$$C = \frac{157,6}{1 + 2,36/\sqrt{1,062}}$$

$$C = 47,90 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dasar perhitungan mencari tinggi pembendungan yang terjadi :

$$Q = m.b.d\sqrt{g.d} \dots\dots\dots(3.39)$$

$$= \sqrt[3]{\frac{g^2}{c^2lb}} d \text{ mana } q = \frac{Q}{b} \dots\dots\dots(3.40)$$

$$\text{Dmana } q = \frac{Q}{b} \dots\dots\dots(3.41)$$

Dimana :

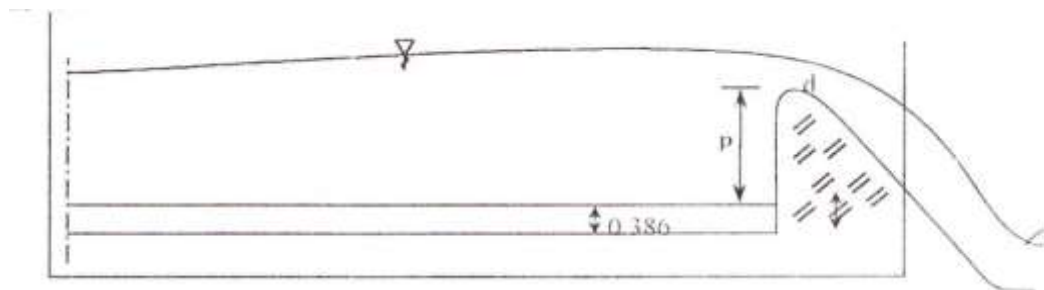
Q = Debit yang ada (m /det)

b = Lebar dasar sungai (m)

g = Faktor gravitasi (m /det)

d = Tinggi kenaikan air di atas mercu (m)

H = Ketinggian garis energi dari dasar sungai (m)



Gambar 3.3 Tinggi Garis Energi Dari Dasar Sungai

Perhitungan :

$$Q = m.b.d\sqrt{g.d}$$

$$347,35 = 1,05 . 6 . d\sqrt{9,81 . d}$$

$$d = 0,614 \text{ m}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{g^2}{c^2lb}}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{(347,35)/6}{47,90 - 0,001465}}$$

$$H = 0,368 \text{ m.}$$

Maka tinggi pembendungan :

$$h = p + d$$

$$h = 6,50 + 0,614$$

$$h = 7,114 \text{ m.}$$

3.2.5. Jauh ke hulu supaya air normal kembali

Dasar perhitungan :

$$I \text{ bendung} = 0,001465$$

$$l_e = \frac{g^2}{h^3 \cdot C^2} \dots\dots\dots (3.42)$$

$$K = \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3.43)$$

$$m = L (l_b - l_e) \cdot V^2 / 2g \dots\dots\dots (3.44)$$

Dimana :

h = Tinggi pembendungan (m)

V = Kecepatan aliran (m /det)

g = Gaya gravitasi (m /det)

I_e = Kemiringan garis energi Perhitungan :

$$l_e = \frac{(347,35/6)}{(7,114)^3 \cdot 98,10^2}$$

$$l_e = 2,067 \cdot 10^{-5}$$

$$l_e \ll l_b \Rightarrow l_e \text{ diabaikan} = 0$$

$$K = \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3.45)$$

$$V = (g/d)^2 \dots\dots\dots (3.46)$$

$$V = \frac{(347,35/6)}{0,614} = 9,428 m^3$$

$$m = h + d - H \dots\dots\dots (3.47)$$

$$m = 6,50 + 0,614 - 0,656$$

$$m = 6,458 \text{ m.}$$

$$m = L(l_b - l_e) + V^2/2g \dots\dots\dots (3.48)$$

$$L = \frac{Z}{(l_b - l_e) + V^2/2g} \dots\dots\dots (3.49)$$

$$L = \frac{6,458}{(0,001465 - 0) + 9,428^2/2 \cdot 9,81}$$

$$L = 4408 \text{ m}$$

$$L = 4,408 \text{ Km.}$$

$$q_{11} = \text{debit /m' di bantaran} = l/n \cdot h^{5/31} \cdot 1^{1/2}$$

$$I = \text{Lebar satu sisi bantaran} = Q_{11}/2 \cdot g_{11}$$

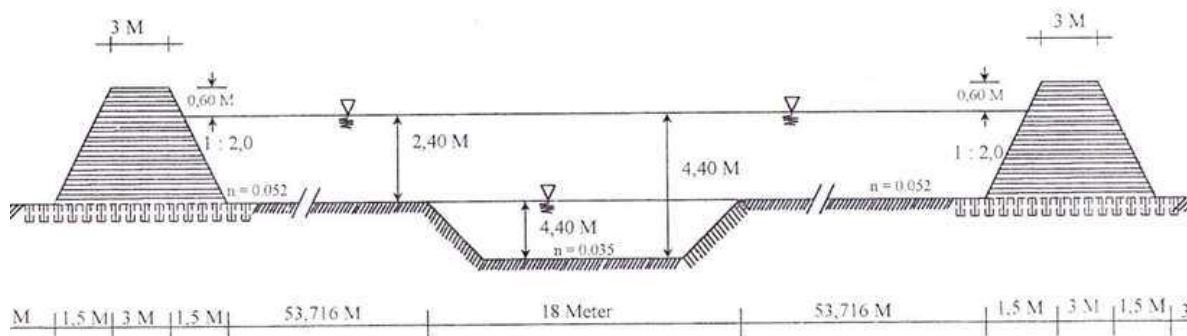
$$L = 2(1 + 1 + 3 + 1 + 3) + 18 \text{ meter.}$$

H	$G, m^3/det/m^2$	$Q_0(m^3/det.)$	$Q_0(m^3/det.)$	$g, m^3/det/m^2$	$l = Q_0/2 \cdot g_0$	$L, (m)$
1,0	4,137	74,481	272,869	0,446	355,900	645,812
1,10	4,370	78,66	268,690	0,522	257,365	548,730
1,20	4,607	82,926	264,424	0,604	218,894	471,788
1,30	4,850	87,30	260,050	0,691	188,109	410,338
1,40	5,097	91,746	255,604	0,782	163,429	360,858
1,50	5,350	96,30	251,050	0,878	142,966	319,932
1,60	5,607	100,926	246,424	0,978	125,983	285,966
1,7	5,860	105,480	241,870	1,080	111,976	257,952
1,8	6,136	110,448	236,902	1,188	99,706	233,412
1,9	6,407	115,326	232,024	1,300	89,240	212,480
2,0	6,683	120,294	227,056	1,416	80,175	194,350
2,1	6,964	125,352	221,998	1,536	72,364	178,528
2,2	7,250	130,500	216,850	1,660	65,316	164,632
2,3	7,540	135,720	211,630	1,788	59,180	152,300
2,4	7,834	141,012	206,338	1,919	53,716	141,432

Tabel. 3.7. Perhitungan Jarak Paling Ekonomis antar Tanggul

Panjang ekonomis diambil

$L = 141,432$ meter $H = 2,40$ meter



Gambar 3.4. Dimensi Penampang

BAB IV PERENCANAAN TEKNIS PENGENDALIAN BANJIR

4.1. Tinjauan Umum Pengendalian Banjir

Banjir yang terjadi di daerah Kotamadya Metro dan sekitarnya pada umumnya disebabkan karena tidak mempunyai profil sungai untuk menampung debit banjir.

Karena sungai Way Raman yang melewati daerah pemukiman dan persawahan pada umumnya sudah padat penduduknya dan belum adanya bangunan pengendali banjir serta sifat tanah yang pada umumnya mudah tergerus terutama pada tebing sungsi. Hal ini meakibatkan terjadinya endapan lumpur dibagian sungai.

Ditinjau dari segi topografisnya, pada hulu anak-anak sungai berasal dari pegunungan yang mengalir ke Way Raman yang melalui daerah dataran di Kotamadya Metro Sehingga usaha-usaha pengamanan

banjir perlu difikirkan masak-masak, mengingat bahwa pengamanan sungai pada pemukiman padat. Secara garis besar untuk mengatasi masalah banjir yang terjadi akibat timbulnya limpasan air dari alur sungai pada umumnya diperlukan prasarana pengendali banjir dengan membuat bangunan-bangunan fisik atau kegiatan peraturan/perbaikan alur dalam rangka untuk mengurangi kerugian /bencana yang ditimbulkan oleh banjir. Kegiatan-kegiatan ini merupakan gabungan dari beberapa kegiatan atau bisa berupa satu jenis kegiatan.

Beberapa kegiatan penanganan sungai untuk mengendalikan banjir ini antara lain dapat berupa:

Pembuatan tanggul-tanggul banjir terutama pada daerah-daerah yang sangat rendah dan ternyata kapasitas alurnya kecil sehingga tidak mampu menampung debit banjir.

Normalisasi dan memperbesar angka-angka koefisien kekasaran aliran sungai dengan cara memperkecil hambatan-hambatan yang terjadi pada aliran sungai. Pengaturan alir sungai yaitu dapat dilakukan dengan pembuatan bangunan pengarah aliran atau bangunanperkuatan tebing pada daerah-daerah kritis terhadap ancaman banjir.

Pembuatan waduk penampung banjir sementara.

Meskipun pada beberapa sungai terhadap kemiringan yang sama antara yang satu dengan yang lainnya, namun penanganannya tidak ada yang sama dann selalu berbeda. Dengan demikian maka setiap pekerjaan sungai perlu direncanakan secara hati-hati dan memperhatikan sifat-sifat sungai yang bersangkutan dengan baik. Sehingga dalam tahap perencanaan tersebut perubahan-perubahan yang timbul dengan adanya bangunan-bangunan ini dapat diperkirakan.

4.2. Pola Pengendalian Banjir

Penyebaran banjir pada umumnya terjadi didaerah dimana propil sungai tidak tidak mampu menampung debit banjir. Dari pola persungai didaerah studi bahwa sumberair berasal dari anak-anak sungai yang bermuara di Way Raman pada cathmen areanya.

Mengingat hal tersebut terdapat banyak cara yang dapat dilaksanakan dalam rangka pengendalian banjir secara fisik, maka penempatan pola pengendalian banjir sungai merupakan langkah terpenting didalam proses penyusunan rencana pengendalian.

Bila penempatan pola kurang tepat akan menghasilkan pekerjaan pengendalian yang kurang efisien baik dari segi biaya pelaksanaan maupun biaya eksploitasi dan pemeliharannya.

Pola pengendalian banjir sungai harus ditetapkan secara khusus untuk sungai yang bersangkutan, mengingat kondisi sungai dan permasalahannya yang tidak sama yang satu dengan yang lainnya. Selain itu pola pengendalian banjir harus dikaitkan juga dengan tingkat pengendalian banjir dan tahap penggunaannya, serta dikaitkan juga dengan pengembangan wilayah sungai secara menyeluruh dan terpadu wilayah sungai tertentu.

Untuk memilih pola pengendalian yang tepat/efisien diperlukan adanya analisa menurut beberapa alternatif/kemungkinan yang dapat diterapkan pada sungai Way Raman.

Dalam hal ini selain untuk memperhatikan faktor-faktor teknis dan biaya termasuk pembebasan tanah diperlukan masing-masing alternatif, masalah eksploitasi dan pemeliharaan terhadap sistem pengendalian banjir serta dampaknya terhadap lingkungan setempat.

1. Penanggulangan

Penanggulangan akan dilakukan dengan dasar sungai tetap seperti semula. Maksud dari penanggulangan ini adalah untuk menahan luapan agar tidak terjadi banjir dengan kondisi dasar sungai tetap seperti semula.

Dari analisa hitungan muka air tampak pola ini diperlukan penanggulangan setinggi rata-rata 3 meter sepanjang 5 km. Keberhasilan pola ini akan sangat tergantung dari keberhasilan sedimen yang tidak terlalu besar sehingga dapat diangkat oleh aliran sungai.

2. Normalisasi

Normalisasi dilakukan dengan maksud untuk meningkatkan kapasitas mampu alur sungai dengan jalan memperbesar dan memperdalam alur. Sesuai dengan perhitungan dasar kemiringan 1 : 2,0 sedangkan penampang yang terpilih adalah penampang tunggal mengingat pembebasan tanah dan bangunan-bangunan yang telah ada.

Waduk Penampung Air Banjir

Waduk merupakan sarana pengendali banjir yang paling efektif namun memerlukan lokasi yang tepat. Waduk akan memerlukan tampungan yang relatif luas, serta membutuhkan biaya yang cukup mahal, fungsi waduk disamping sebagai penampung air banjir juga menahan sedimen.

Dilihat dari peta topografi serta kondisi daerah terlihat bahwa tidak adanya daerah yang memungkinkan untuk dipertimbangkan bagi tempat penampungan sementara air banjir di Way Raman.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas serta mengingat lokasi pekerjaan di daerah hulu yang melewati daerah pemukiman dan persawahan maka pola pengendalian banjir di Way Raman dipilih kombinasi antara normalisasi alur sungai dan pembuatan tanggul banjir dengan konstruksi tanah.

Normalisasi dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas mampu alur sungai untuk mengalirkan debit 10 tahunan, dengan cara pelebaran alur yang diukur. Lebar sungai direncanakan minimal 3,0 meter. Hal ini mengingat biaya pembebasan tanah dan lebar bentang jembatan yang melintasi Way Raman. Sedangkan tanggul direncanakan pada alur sungai yang mempunyai elevasi tebing rendah dari elevasi muka air rencana.

Tinggi tanggul rencana dibuat 0,6 meter di atas tinggi air banjir. Pelaksanaan fisik dilaksanakan dengan mengkompensasikan hasil galian sungai, dan mengambil gali dari "borrow area" pada jarak tertentu apabila terjadi kekurangan bahan timbunan.

Setelah hal tersebut diadakan analisa kuantitatif maupun kualitatif tidak memberikan dampak negatif pada masalah sosial maupun teknik.

4.3. Stabilitas Tanggul

Konstruksi tanggul yang menggunakan bahan tanah sebagai timbunan, perlu dilakukan kontrol terhadap stabilitas terutama terhadap :

- Rembesan
- Longsoran

Pengujian terhadap rembesan maupun longsoran dilakukan pada kondisi timbunan yang paling kritis (yang paling tinggi).

Untuk mengetahui besarnya debit rembesan, maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Kemiringan lereng tanggul adalah 1 : 2,0 dengan sudut kemiringan $26,50^\circ$ karena ($\beta < 30^\circ$) maka persamaan garis rembesan adalah :

$$a = \frac{d}{\cos \beta} \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \beta}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \beta}\right)^2}$$

dimana :

a Panjang bidang basah (m)

d = Jarak horizontal bidang Basah (m)

Bentuk garis rembesan dapat dihitung dengan persamaan.

$$H = \sin^2 \beta \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \beta}\right)^2 - \left(\left(\frac{d}{\cos \beta}\right) - a\right)^2}$$

Garis lengkung parabola yang memotong lereng dapat didekati persamaan :

$$Y_o = \sqrt{h^2 + d^2} - d$$

$$A + a = \frac{Y_o}{1 - \cos \beta}$$

Y_o = Ordinat parabola dialas titik 0 (m)

A = Panjang bidang basah (m)

a = Panjang bidang kering dibawah parabola (m)

H = Persamaan ordinat rembesan vertikal (m)

Besar debit rembesan untuk setiap meter panjang tanggul (qr))

$$Q_r = k \cdot y$$

Di mana :

K = Kecepatan aliran rembesan diujung bidang rembesan ($4,5 \times 10^{-9}$) m/Vdet

Y = Tinggi aliran (m) pada ujung bidang rembesan

Perhitungan

Tabel 4.1. Bentuk garis rembesan

(d jarak horizontal dimisalkan)

d (m)	1,04	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.64
II (m)	0.52	0.88	1.13	1.34	1.52	1.68	1.83	1.97	2.10	2.22	2.40

Panjang bidang basah :

$$a = \frac{d}{\cos 30^\circ} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos 30^\circ}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin 30^\circ}\right)^2}$$

$$a = \frac{11,64}{\cos 30} - \sqrt{\left(\frac{11,64}{\cos 30}\right)^2 - \left(\frac{2,40}{\sin 30}\right)^2}$$

$$a = 1.158 \text{ m} \quad \text{Ordinat } x = a \cos 30 = 1,158 \cos 30 = 1.036 \text{ m}$$

$$y = a \sin 30 = 1,158 \sin 30 = 0,158 \text{ m} \quad \text{Debit rembesan (qr)}$$

$$q_r = K \cdot y$$

Lengkung parabol diujung sebagai berikut: $Y_o/2 = 0,38/2 = 0,19 \text{ m}$

$$q_r = 4,5 \times 10^{-9} \cdot 0,158 = 7,11 \times 10^{-10} \text{ m det}$$

Garis lengkung parabol yang memotong lereng :

$$Y_o = \sqrt{(h^2 + d^2)} - d$$

$$Y_o = \sqrt{(2,40)^2 + (11,64)^2} - 11,64$$

$$Y_o = 0,38 \text{ m}$$

Lengkung parabol diujung sebagai berikut: $Y_o/2 = 0,38/2 = 0,19 \text{ m}$

$$a + \Delta a = \left(\frac{Y_o}{1 - \cos \beta} \right)$$

$$\Delta a = 2,44 \text{ meter}$$

hasil penyelidikan tanah material tanggul (hasil laboratorium) adalah :

Berat jenis tanah (y s)	= 2,23 gr/cc
Berat volume tanah basah (y b)	= 1,58 gr/cc
Berat volume tanah 'Saturated' (y sat)	= 1,69 gr/cc
Bermeabilitas tanah setelah dipadatkan (k)	= $0,44 \times 10^{-7} \text{ cm/det}$
Cohesi (C) 0,0693 kg/cm ²	= 0,693 ton/m ²

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Banjir mengenai daerah bantaran dialiran sungai Way Raman adalah akibat luapan sungai Way Raman. Penyebabnya adalah karena ketidak-mampuan alur sungai menampung debit banjir tersebut. Ketidak-mampuan alur sungai untuk menampung debit banjir yang terjadi adalah banyaknya material hanyutan seperti kotoran-kotoran dan endapan lumpur pada alur sungai.
2. Hal tersebut disebabkan karena adanya erosi tebing dan erosi lereng pada bagian hulu sungai dan juga penggundulan hutan. Sehingga mengakibatkan pendangkalan alur sungai Way Raman terutama di daerah yang rendah.
3. Selain itu penyebab banjir karena belum adanya sistem penanggulangan di daerah aliran sungai Way Raman yang diakibatkan adanya pembendungan air pada bangunan. Sehingga tidak terjadi ketidak-seimbangan antara debit banjir yang ada dengan keadaan alur sungai.
4. Dari pembahasan dan analisa pada bab terdahulu tentang permasalahan banjir dapat ditanggulangi dengan membuat bangunan tanggul dan dan normalisasi alur sungai yaitu memperbesar kapasitas alur mampu untuk menampung debit banjir yang terjadi.

Dari pembahasan tersebut didapat dimensi penampang :

Lebar sungai atas	: 18 meter
Lebar dasar sungai	: 16 meter
Lebar bantaran	: 53,716 meter / satu sisi
Lebar atas tanggul	: 3 meter
Kedalaman sungai (y)	: 2 meter
Kedalaman air maksimum (h + y)	: 4,40 meter
Tinggi jagaan	: 0,6 meter
Perbandingan kemiringan	: 1 : 2,0
Q debit periode 10 tahunan	: 347,35 m ³ / det
n manning di bantaran	: 0,052
n manning di sungai	: 0,035
S kemiringan dasar sungai	: 0,0023

5.2. Saran-saran

1. Untuk mengatasi permasalahan banjir di Way Raman perlu dibangun atau dibuatkan tanggul dan memper besar mampu alur sungai.
2. Mengingat bahwa sungai Way Raman melintasi daerah pemukiman dan persawahan, perlu kiranya pemeliharaan yang serius terhadap tanggul dan alur sungai agar tidak terjadi longsor atau endapan-endapan pada alir sungai.
3. Adanya larangan-larangan bagi masyarakat disekitar aliran sungai Way Raman untuk tidak membuat bangunan atau membuang sampah atau kotoran-kotoran ke sungai agar tidak terjadi endapan dan pembenciungan-pembendungan.
4. Dengan adanya tanggul yang dibangun sebagai fungsi pengendalian banjir di harapkan pula dapat dilestarikan dan dijaga agar dapat menambah nilai keindahan kota.

DAFTAR PUSTAKA

E.M Wilson, *Mekanika Tanah*, B.P. Pekerjaan Umum. 1988

Ray. K. Linsley, Joseph. B. Franzini, Joko Sasongko, *Sumber Daya Air*, Erlangga, Jakarta., 1985.

Suyono Sosrodarsono, Ir. Kensaku Takeda, *Bendung Type Urugan* Pradnya Paramitha, Jakarta, 1981.

Ven Te Chow, *Hidrolika Saluran Terbuka* Erlangga 1992.

Harto, S. 1993. *"Analisa Hidrologi"*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 302 I lal.

Catatan kuliah, Fakultas Teknik, Universitas Bandar kampung

INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH

JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa :
 - a. Hasil penelitian, atau
 - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplar cetakannya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 11).

Naskah diketik dalam pengolahan kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
 - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran)
 - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.
2. Nama penulis ditulis :
 - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
 - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya,); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).
4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing ditusuk huruf miring.

 - a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
 - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
 - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
 - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
 - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.